

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

**DISCHARGE CONTROL METHOD OF GLOW DISCHARGE APPARATUS
AND DISCHARGE CONTROL APPARATUS**

Patent Number: JP2000133412
Publication date: 2000-05-12
Inventor(s): KURIYAMA NOBORU
Applicant(s): SHIBAURA MECHATRONICS CORP
Requested Patent: ☐ JP2000133412
Application Number: JP19980310796 19981030
Priority Number(s):
IPC Classification: H01T15/00
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and an apparatus for power supply control capable of stably making glow discharge by restraining arc discharge by sputtering process pressure lower than discharge starting pressure.

SOLUTION: In a method for controlling discharge in a glow discharge apparatus GD using a high frequency power source PS, when transition from glow discharge to arc discharge in the glow discharge apparatus GD is detected, feeding from the high frequency power control PS is stopped for within 10 μ sec. shortly after that detection. A discharge control apparatus is provided with a difference circuit 5 which gets the amount of charge in reflected wave voltage and the amount of charge in traveling wave by signals took out from the apparatus GD through the power supply PS, a watt meter CM and an impedance matching circuit IM, and from the watt meter CM to take out difference between the former and the latter in the amount of change. The apparatus is also provided with a control circuit 6 which detects the transition by output from the circuit 5, and then stops feeding from the power supply PS for within 10 μ sec.

Data supplied from the esp@cenet database - 12

(51) IntCl ⁷	識別記号	F I	フィート (参考)
H 0 1 T 15/00		H 0 1 T 15/00	Z 4 K 0 2 9
// C 2 3 C 14/40		C 2 3 C 14/40	

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-310796
 (22) 出願日 平成10年10月30日 (1998. 10. 30)

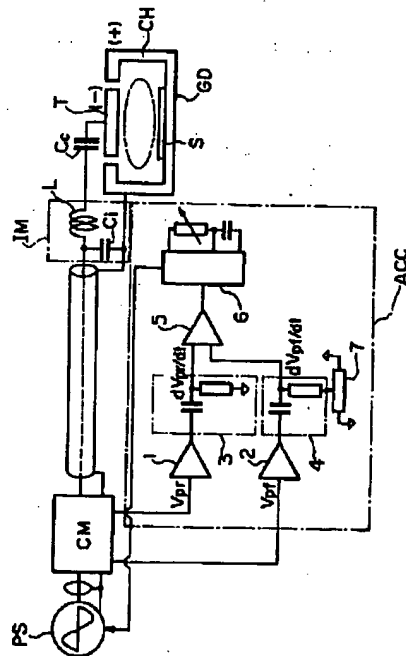
(71) 出願人 000002428
 芝浦メカトロニクス株式会社
 神奈川県横浜市栄区笠間町1000番地 1
 (72) 発明者 栗 山 昇
 神奈川県横浜市栄区笠間町1000番地 1 芝
 浦メカトロニクス株式会社横浜事業所内
 (74) 代理人 100064285
 弁理士 佐藤 一雄 (外 3 名)
 Fターム (参考) 4K029 CA05 DC35 EA09

(54) 【発明の名称】 グロー放電装置の放電制御方法および放電制御装置

(57) 【要約】

【課題】 放電開始圧力よりも低いスパッタプロセス圧力でアーク放電を抑制してグロー放電を安定的に行うような電源制御を行う方法および装置を提供すること。

【解決手段】 高周波電源を用いたグロー放電装置における放電を制御する方法において、前記グロー放電装置におけるグロー放電からアーク放電への移行を検出し、この検出の直後の10マイクロ秒以内の時間にわたり、前記高周波電源からの給電を停止するようにしたことを特徴とするグロー放電装置の放電制御方法、および高周波電源から電力計CM、インピーダンス・マッチング回路IMを介して供給されるグロー放電装置GDと、前記電力計から取り出された信号により反射波電圧の変化分および進行波電圧の変化分を得、これら変化分の前者と後者との差をとる差分回路5と、この差分回路の出力に基づき前記グロー放電装置がグロー放電からアーク放電に移行したことを検出してから前記高周波電源からの給電を10マイクロ秒以内の時間にわたり停止させる制御回路6とをそなえた放電制御装置。



【特許請求の範囲】

【請求項1】高周波電源を用いたグロー放電装置における放電を制御する方法において、
前記グロー放電装置におけるグロー放電からアーク放電への移行を検出し、

この検出の直後の10マイクロ秒以内の時間だけ、前記高周波電源からの給電を停止するようにしたことを特徴とするグロー放電装置の放電制御方法。

【請求項2】高周波電源から電力計、インピーダンス・マッチング回路を介して供給されるグロー放電装置と、
前記電力計から取り出された信号により反射波電圧の変化分および進行波電圧の変化分を得、これら変化分の前者と後者との差をとる差分回路と、
この差分回路の出力に基づき前記グロー放電装置がグロー放電からアーク放電に移行したことを検出して前記高周波電源からの給電を10マイクロ秒以内の時間だけ停止させる制御回路とをそなえた放電制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高周波電源を用いたグロー放電装置の放電制御方法および放電制御装置に係り、とくにグロー放電からアーク放電に移行した際の制御方法および制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】たとえばスパッタリング技術においては、所定空間においてグロー放電を行うが、とくに絶縁物などをスパッタリングするには高周波電源を用いて給電する。この高周波スパッタリングでは、そのグロー放電による処理中に突然アーク放電に移行し、試料にダメージを与えることがある。一般的に、電力が大きくなるとアーク放電が発生しやすくなる。すなわち電力を増してスパッタ速度を大きくしていくと、アークの発生が少

ない領域からアークが生じてもすぐには消えない領域となり、さらに大きくしていくと連続してアーク放電し消えない領域となる。

【0003】アークの発生し易さおよびアークの消えない電力値は、真空容器（チャンバ）を一方の電極としたとき、他方の電極となるターゲットの材質、密度、冷却条件などにより決まる。ターゲットの材質に応じて電力を定めることによりアークを発生し難い条件とすることも可能であるが、ターゲットの材質は種々であるから実際的ではない。

【0004】したがって、グロー放電からアーク放電に移行し始めたときにアークを遮断するのが最も実際的な方法である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】このアーク遮断については、グロー放電からアーク放電への移行を検出し、次いで直ちに高周波電源からの給電を停止することになる。そして、給電停止時間は適当な時間を選択しない

と、再びアーク放電に移行する。この給電停止時間は従来200マイクロ秒程度とされており、そのような運用がなされている。

【0006】しかし、給電停止時間が200マイクロ秒であってもアーク放電は停止するが、他方スパッタリングを継続するためのグロー放電を維持することが難しい状況が出てきている。これは、スパッタ薄膜の機能膜としての応用が広がり、スパッタ圧力を放電開始圧力よりも低くしてプロセスを行うようになってきていることに起因する。

【0007】このように、スパッタプロセス圧の低下傾向の下では、200マイクロ秒の給電停止はグロー放電に悪影響を及ぼすことが問題となっている。

【0008】本発明は上述の点を考慮してなされたもので、放電開始圧力よりも低いスパッタプロセス圧でアーク放電を抑制してグロー放電を安定的に行うような電源制御を行う方法および装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的達成のため、本発明では、請求項1記載の、高周波電源を用いたグロー放電装置における放電を制御する方法において、前記グロー放電装置におけるグロー放電からアーク放電への移行を検出し、この検出の直後の10マイクロ秒以内の時間にわたり、前記高周波電源からの給電を停止するようにしたことを特徴とするグロー放電装置の放電制御方法、および請求項2記載の、高周波電源から電力計、インピーダンス・マッチング回路を介して供給されるグロー放電装置と、前記電力計から取り出された信号により反射波電圧の変化分および進行波電圧の変化分を得、これら変化分の前者と後者との差をとる差分回路と、この差分回路の出力に基づき前記グロー放電装置がグロー放電からアーク放電に移行したことを検出してから前記高周波電源からの給電を10マイクロ秒以内の時間にわたり停止させる制御回路とをそなえた放電制御装置、を提供するものである。

【0010】

【発明の実施の形態】グロー放電装置は、高周波電源から電力計、マッチング回路を介して給電される。この給電経路は高周波を伝送するから分布定数回路として捉えられる。

【0011】グロー放電が行われている間、高周波電源から放電装置へは、できる限り反射波電力が少くかつ進行波電力が大きくなるように給電が行われ、反射波電力、進行波電力ともに大きな変化をしない。これに対し、グロー放電装置でアーク放電が生じると、反射波電力が急増し、この変化によってアーク放電発生が検出できる。

【0012】一方、アーク放電が発生すると進行波電力は減少する。したがって、反射波電力が急増したことで

進行波電力が減少したことによってアーク放電への移行を検出することができる。

【0013】進行波電力の減少をアーク放電移行検出のもう1つの条件とするのは、次の理由による。反射波電力は高周波電源の再始動時にも急増し、反射波電力だけによったのでは、アーク放電移行によるものか高周波電源の再始動時のものかが判別できない。この点、進行波電力はアーク放電移行時は減少するが、高周波電源の再始動時は増加する。したがって、反射波電力および進行波電力の両者を監視することによって、アーク放電移行10を高周波電源の再始動時と識別できる。

【0014】ここで、スパッタリング装置では、上述したようにスパッタ圧力の低圧化が図られている。すなわち、生成膜の品質を向上する試みとして、チャンバ内に充填されるアルゴンガスの圧力を低下させることが行われている。これは、次の理由による。

【0015】良質な生成膜を得るには、スパッタ粒子がチャンバ内を減速せずに高速移動してターゲットに衝突する必要がある。それには、スパッタ粒子の移動経路に存在するアルゴン原子数が少ない方がよい。チャンバ内20の圧力を下げれば、スパッタ粒子が移動途中で他のアルゴン原子に衝突する確率が減る。そこで、スパッタ圧力つまりチャンバ内のアルゴン圧を低下させることが行われる。

【0016】この場合、問題となるのがグロー放電からアーク放電に移行したとき高周波電源を遮断してアーク放電を停止させるのであるが、高周波電源の給電停止時間が長くなるとプラズマが消失するため、グロー放電が消失してスパッタリングが継続できなくなることである。このことから、高周波電源の給電停止時間がある程30度以下の長さにしなければならないことが分かった。

【0017】

【実施例】図1は、本発明に係るグロー放電装置の給電制御回路を示したものである。この回路では、たとえば周波数13.56MHzの出力を生じる高周波電源PSから、同軸ケーブル、電力計CM、同軸ケーブル、インピーダンスマッチング回路IMおよび直流カットキャパシタCcを介してターゲットおよびチャンバに接続されて、高周波電源RFからターゲットーチャンバ間に給電される構成となっている。そして、電力計CMにはアーク40検出制御回路ACCが接続されている。

【0018】この高周波給電回路における給電制御を行うために、電力計CMから取り出した反射波電力および進行波電力の替わりに、反射波電圧Vprおよび進行波電圧Vpfを用い、増幅器1、2を介して微分回路3、4に与えて微分信号dVpr/dt、dVpf/dtを取り出し、これら微分信号をコンパレータ5に与えて前者から後者を差し引いた差を得る。この差はモノマルチ回路6に与えられるが、差がある程度以上大きいとモノマルチ回路6から高周波電源RFに対して遮断時間を示50

す、持続時間を持ったアークカットパルスつまり電源遮断信号として与えられ、高周波電源RFは給電を停止する。

【0019】この図1に示した装置において、GDはグロー放電装置であり、ここでは一方極が真空容器CHで、他方極であるターゲットTとの間にグロー放電を生じ、スパッタリングを行う。このグロー放電装置GDには、高周波電源PSから電力計CM（パワーモニタ）、インピーダンスマッチング回路IMおよび直流カットキャパシタCcを介して、たとえば13.56MHzの高周波給電が行われる。

【0020】すなわち電力計CMは、高周波電力を測定する装置もしくは計器を接続し得る端子を有するものである。またインピーダンスマッチング回路IMは、線路インピーダンスとグロー放電装置GDのインピーダンスとを整合させるものであり、これにより高周波電源PSの出力を、負荷への進行波電力を最大に、また負荷からの反射電力を最小にするように調整して、能率良く高周波電力をグロー放電装置GDに供給するようにしたものである。グロー放電装置GDは、その放電に整流作用を伴うものであるから、ターゲットTには直流電圧VDCが発生し、インピーダンスマッチング回路IMとの間は直流カットキャパシタCcにより直流的に切離されている。

【0021】図2は、図1に示した装置におけるアーク発生前後の状態変化をタイムチャートとして示したものである。ここでは、進行波電圧Vpf、反射波電圧Vpr、インピーダンスマッチング回路IMの出力電圧VRFおよびグロー放電装置GDのターゲット直流電圧VDCについて示している。まず、給電電圧Vpfはアーク発生により低下または上昇する。これは、インピーダンスマッチング回路IM等の条件により変るが、通常は低下するようになる。

【0022】これに対し、反射波電圧Vprはアーク発生前は略々ゼロに抑えられているが、アーク発生によって負荷インピーダンスが変わることにより必ず上昇する。また、高周波電圧VRFは、測定点によって異なるが通常は低下する。

【0023】そして直流電圧VDCは、電力値、負荷、ターゲットの材質、およびガスによって定まる負の高電圧からゼロに向って急激に変化する。したがって、これら4要素中の適当なものを選択して監視することにより、アーク発生を検出することができる。

【0024】図3は、スパッタリング用のグロー放電中にアーク放電への移行があったときのターゲットーチャンバ間の電圧変化を示したものである。ターゲットはチャンバに比べて面積が小さいため、両者間に高周波グロー放電を行うと、一種の整流作用が生じてターゲット側が一の直流電圧VDCを生じる。そして、アーク放電に移行すると、この直流電圧VDCが急激に低減することも知

られている。

【0025】この図3では、ターゲットチャンバ間の電圧変化を上下2段に分けて、上段には時間軸である横軸1目盛を1ミリ秒とし、下段は横軸1目盛を0.1マイクロ秒として表している。そして、上段におけるグロー放電からアーク放電への移行期間を時間軸に沿って拡大して示している。

【0026】上段ではスパッタ期間からアーク期間への移行により段差を生じているから明らかであるのに対し、下段ではターゲットチャンバ間電圧Vdcが波形の左右両端に示され、波形左端のVdcに比べて波形右端のVdcは小さいことが看取できる。すなわち、遷移時間0.6マイクロ秒を経るとVdcがこれだけ変化することが分かる。そこで、Vdcを監視することにより、グロー放電からアーク放電への移行を検出することができる。

【0027】ただし、ターゲットがほぼ完全な絶縁物であると、Vdcは検出できない。この場合にも有効な検出法が、反射波電圧(Vpr)および進行波電圧(Vpf)の各微分(dVpr/dt, dVpf/dt)を取り、前者から後者を差し引いた値(dVpr/dt - dVpf/dt)を見る方法である。

【0028】図4は、図1に示した実施例の動作説明のための進行波電圧Vpf、反射波電圧Vprの両信号、およびこれら両信号に基づく変化分の差分信号(dVpr/dt - dVpf/dt)の変化を示すタイムチャートである。まず、正常放電時t11には進行波電圧Vpfは設定値、反射波電圧Vprはゼロ、したがって(dVpr/dt - dVpf/dt)もゼロとなる。

【0029】次いで、アーク発生時点t12になると、進行波電圧Vpfが低下(上昇)して反射波電圧Vprが急上昇し、したがって(dVpr/dt - dVpf/dt)が急峻に立上り、検出レベルを超える。これにより、制御回路CCが検出動作し高周波電源PSを停止させ、時点t13にて高周波電源PSが停止する。その後、時点t14まで高周波電源PSとかインピーダンスマッチング回路IMのLCにより減衰振動電流が流れ、次いで時点t15まで制御回路CCのタイマ動作による休止時間となる。

【0030】休止時間の経過後の時点t15で、高周波電源PSが始動する。高周波電源PSはソフトスタートするが、低出力時は負荷とのインピーダンスマッチングが取れず、反射波電圧Vprが大となる。進行波電圧Vprは、ソフトスタートの特性にしたがって増大する。このとき反射波電圧Vprの変化はかなり大であるが、進行波電圧Vprも同様に变化するから、(dVpr/dt - dVpf/dt)はほぼゼロとなる。

【0031】したがってアーク検出、そしてこれに続くしゃ断という動作は防止できる。そして、時点t16からt17になると、徐々に高周波電源PSと負荷とのインピーダンスマッチングが取れて反射波電圧Vprが減少

し、(dVpr/dt - dVpf/dt)は負となり、さらに時点t18で進行波電圧Vpfが設定値になり、反射波電圧Vprおよび(dVpr/dt - dVpf/dt)もゼロとなる。

【0032】要するに、反射波電圧Vprはアーク発生時および高周波電源PSの再始動時に増加するが、進行波電圧Vpfはアーク発生時は減少するのに高周波電源PSの再始動時は増加する。したがって、反射波電圧Vprおよび進行波電圧Vpfの両者を監視すれば、アーク放電移行と高周波電源の再始動とを区別することができる。

【0033】この進行波および反射波の各電力を検出する方法は、電圧検出による方法よりも汎用性があり、しかもこれら電力の検出器はケーブル上のどの点に設置してもよいので高周波電源の出力に組込むことができ、インピーダンスマッチング回路IMへの配線が簡単になる。

【0034】図5は当業者によく知られた電力計CMの構造説明図であり、この図5により反射波電圧Vprおよび進行波電圧Vpfについて説明する。この図5において、Cは同軸ケーブルの芯線1とこの芯線1に並設されたアンテナ線2との間の静電容量、Mは芯線とアンテナ線2との相互誘導計数であり、これらC、Mを用いた電力計であることからCMカプラとも呼ばれ、通常は高周波通過型電力計と呼ばれる。

【0035】図5における抵抗R両端間の電圧V1は、

$$V1 = \frac{RV}{R - j \frac{1}{\omega C}}$$

ここでV：出力電圧
で

【数2】

$$R \ll \frac{1}{\omega C}$$

とすれば、

【数3】

$$V1 \approx j \omega C R V$$

である。また、V2、V3は、

【数4】

$$V2 + V3 = j \omega M I$$

ここでI：出力電流

であり、f点の電圧をVf、r点の電圧をVrとすると、

$$Vf = V1 + V2$$

$$Vr = V1 - V3$$

である。

【0036】そして、結合係数を調整してV1とV3を

7

負荷が50Ωのときに同じ大きさになるようにすると、
 $V_f = 2V_1$ $V_r = 0$
 となる。この状態で、負荷を50Ω以外たとえば100Ωの負荷に接続すると、

$$V_1 = 2V_2$$

となるから、

$$V_f = V_1 + V_2 = 2V_2 + V_2 = 3V_2$$

$$V_r = V_1 - V_2 = 2V_2 - V_2 = V_2$$

となり、 V_r は0ではなくなる。

【0037】一方、抵抗の替わりに静電容量(50Ωと10¹⁰す)を接続すると、電流位相は90°進んで V_2 が90°進むことになるからベクトル合成により、

【数5】

$$|V_f| \neq |V_r|$$

となる。

【0038】このように、電力計CM、つまりCMケーブルを用いると、伝達線路の終端に特性インピーダンスと同じ値の純抵抗RLが接続されたと同じ状態をモニタすることができる。これは、 $V_r = 0$ の状態である。

【0039】そして、 V_f および V_r をそれぞれダイオードで整流して、直流電圧として取出し指示計器に与えることとし、抵抗 $R = 50\Omega$ で消費する電力を知るには、 V_f の計器の指針の振れに応じた目盛を上記指示計器に付しておけば、高周波電力に対応した目盛となる。そして、この直流信号 V_{pf} つまり進行波電圧信号といい、 V_r の整流信号を V_{pr} つまり反射波電圧信号と呼ぶ。

【0040】図6は、図5の回路における純抵抗RLの部分についての、より具体的な回路構成を示したものである。すなわち、図における純抵抗RLは、図6の一点鎖線で囲まれた部分の右側部分における、電極を表わすコンデンサ C_e および放電抵抗 R_p の並列回路と、2つの可変コンデンサ C_1 、 C_2 およびインダクタンス L からなるインピーダンスマッチング回路とによって構成されている。

【0041】そして、可変コンデンサ C_1 、 C_2 によってインピーダンスマッチング回路IMの調整を行うことにより、図における左側に接続された同軸ケーブルから見て放電装置を純抵抗にすることができる。

【0042】再び図1に戻ると、電力計CMに接続された一点鎖線で囲まれたアーク検出制御回路ACCでは、電力計CMに接続された単一周波数フィルタにより反射波信号 V_{pr} および進行波電圧 V_{pf} を取出し、微分回路を介して変化分を得、トランジスタ Q_f 、 Q_r および Q_o からなる差動増幅器により極性およびレベルを検出し、 $(dV_{pr}/dt - dV_{pf}/dt)$ なる信号を取出し、高周波電源PSに与える。

【0043】すなわち、 V_{pf} の急激な立上りにより Q_r がオンとなって Q_f がオフになり Q_o にバイアスが加かって、高周波電源PSに電源を遮断する時間に
 10

8

持続時間を持つアークカットパルスを与える。この場合、反射波電圧 V_{pr} の信号が与えられる差動増幅器入力端に設けられている抵抗 RM_1 、 RM_2 等は全然放電しなかったり、反射レベルが所定値以上になるのを防止して、装置の動作安定化を図るために挿入されている。

【0044】図7は、給電停止時間を段階的に変化したときの放電持続いかんを波形図として示したものである。すなわち、給電停止時間を100マイクロ秒、25マイクロ秒および5マイクロ秒と、段階的に短縮していったときの放電持続いかんを検証した結果を、左から順に示している。この図7における最も左側の波形は給電停止時間を100マイクロ秒としたときを示し、中央の波形は25マイクロ秒としたときを示し、最も右側の波形は5マイクロ秒としたときを示している。

【0045】そして、これら3者のうちで5マイクロ秒のときだけ放電が継続し、他の100マイクロ秒および25マイクロ秒の場合は停止してしまっただけでなく、給電停止時間が10マイクロ秒程度でも放電が持続した。

【0046】

【発明の効果】本発明は上述のように、グロー放電からアーク放電への移行を検出したとき、検出直後の10マイクロ秒以内の時間だけグロー放電装置への給電を停止するようにしたため、放電開始圧力より低いスパッタ圧力下でもアークを放電を停止しかつグロー放電へ円滑移行することができる。この結果、試料に良質のスパッタ膜を歩留まりよく形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るグロー放電装置の給電制御回路。

【図2】図1に示した装置におけるアーク発生前後の状態変化を示すタイムチャート。

【図3】スパッタリング用のグロー放電中にアーク放電への移行があったときのターゲットチャンバ間の電圧変化を示した波形図。

【図4】図1に示した実施例の動作説明のための信号の変化を示すタイムチャート。

【図5】図1の回路に用いる電力計CMの構造説明図。

【図6】図5の回路における純抵抗RLの部分についての、より具体的な回路構成を示した回路図。

【図7】給電停止時間を段階的に変化したときの放電持続いかんを示す波形図。

【符号の説明】

1, 2 増幅器

3, 4 微分回路

5 コンパレータ

6 モノマルチ回路

7 可変抵抗器

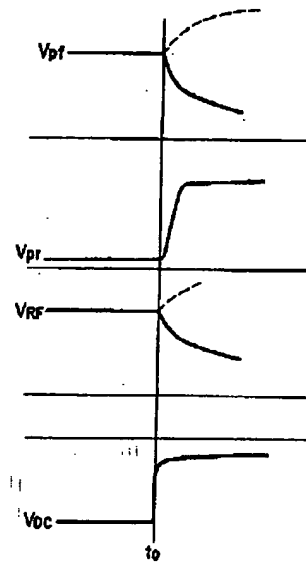
PS 高周波電源回路

CM 電力計

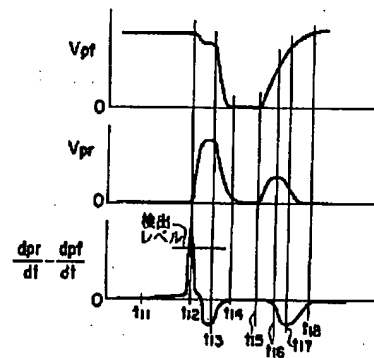
GD グロー放電装置

*

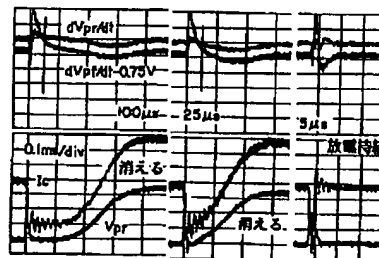
【図 2】



【図4】



【図 7】



【図 5】

